

**Control system for precision milling esp. honing inside of bore - stops milling action temporalriy to relieve tool stress prior to final finish**

---

**Patent number:** DE4124769  
**Publication date:** 1993-01-28  
**Inventor:** NAGEL WOLF DIPL ING (DE)  
**Applicant:** NAGEL MASCH WERKZEUG (DE)  
**Classification:**  
- **International:** B24B33/00  
- **European:** B24B33/02  
**Application number:** DE19914124769 19910726  
**Priority number(s):** DE19914124769 19910726

**Abstract of DE4124769**

The milling machine moves the milling tool onto the workpiece and mills down to a preset level. Prior to the final milling position the tool is pulled back, just out of contact with the workpiece, to allow stress relief, and re-applied to ensure a precision finish. The position of the head is monitored by stepping motors and simle control systems.

For the first milling cycle, the tools are rapidly brouhgt into contact with the workpiece and then advanced ata preset rate. After lift-off for stress relief, the tools can be brought into contact more rapidly and advanced in a controlled manner for the fine final finish.

**ADVANTAGE-** Accurate honing finish, simple process control.

---

Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 41 24 769 A 1

51 Int. Cl. 5:  
B 24 B 33/00

21 Aktenzeichen: P 41 24 769.8  
22 Anmeldetag: 26. 7. 91  
43 Offenlegungstag: 28. 1. 93

DE 41 24 769 A 1

71 Anmelder:  
Nagel Maschinen- und Werkzeugfabrik GmbH, 7440  
Nürtingen, DE

74 Vertreter:  
Ruff, M., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Beier, J., Dipl.-Ing.;  
Schöndorf, J., Dipl.-Phys., Pat.-Anwälte, 7000  
Stuttgart

72 Erfinder:  
Nagel, Wolf, Dipl.-Ing., 7440 Nürtingen, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE	26 45 426 C2
DE	38 35 185 A1
DE	38 25 261 A1
DE	37 07 326 A1
DE	29 40 839 A1
EP	01 63 983 B1
EP	02 82 776 A1

54 Honverfahren und Honvorrichtung

57 Ein Verfahren zum Honen von Werkstücken unterbricht kurz vor Erreichen des Soll-Maßes den Vorschub des Honwerkzeugs und stellt dieses so weit zurück, bis das Honwerkzeug außer Eingriff mit der zu bearbeitenden Oberfläche gelangt. Anschließend wird in einem zweiten Arbeitsvorschub das Werkstück bis zum Erreichen seines Soll-Maßes bearbeitet.

DE 41 24 769 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und eine Vorrichtung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 10.

Honwerkzeuge werden beispielsweise zur Bearbeitung der Innenwände von Bohrungen verwendet. Die Honwerkzeuge werden in die Bohrungen in einem Zustand eingeführt, in dem die Oberflächen der Honleisten einen Abstand von der zu bearbeitenden Honfläche aufweisen. Damit eine Bearbeitung erfolgen kann, muß eine Zustellung des Werkzeugs erfolgen. Diese kann entweder auf mechanischem oder auf hydraulischem Wege erfolgen, wobei auch Kombinationen beider Möglichkeiten bekannt sind.

Während der eigentlichen Bearbeitung, also dem Honen der Oberfläche, erfolgt kontinuierlich eine weitere Zustellung. Aufgrund der Reaktionskräfte, die das Werkstück auf das Werkzeug ausübt, kann es dabei zu einer geringfügigen Verspannung der Honvorrichtung kommen, die sich durch den gesamten Zustellmechanismus fortsetzen und dadurch summieren kann.

Beim Schleifen ist es bekannt, daß während des Vorschubs bei der Schleifbearbeitung eine Verspannung des Werkstücks auftreten kann. Zur Beschleunigung ist hier bereits vorgeschlagen worden, vor Erreichen der Feinbearbeitung das Werkzeug kurzzeitig um einen errechneten Betrag zurückzuziehen, damit sich die Verformung des Werkstücks entspannen kann, so daß auf diese Weise die Gesamtbearbeitung schneller erfolgt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Honen zu schaffen, die ein genaueres Arbeitsergebnis liefern.

Zur Lösung dieser Aufgabe schlägt die Erfindung ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 10 vor. Weiterbildungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

Erfindungsgemäß wird also kurz vor Erreichen des Soll-Maßes die Zustellbewegung angehalten und die schneidenden Honleisten im Werkzeug etwas zurückgestellt, und zwar so lange, bis sie vollständig außer Eingriff mit dem Werkstück gelangt sind. Auf diese Weise können sich die im gesamten Zustellstrang zwischen der eigentlichen Zustell-Antriebsvorrichtung in der Honmaschine und den Honleisten im Honwerkzeug aufgebauten Verspannungen lösen. Anschließend erfolgt erneut eine Zustellbewegung bis zur Endbearbeitung.

In Weiterbildung der Erfindung kann vorgesehen sein, daß die expandierbaren Honleisten im Werkzeug von ihrer Ausgangsposition aus zunächst in einem Eilgang bis in den Bereich zugestellt werden, in dem sie das Werkstück berühren, und anschließend während des Arbeitsvorschubs mit einer verringerten Zustellgeschwindigkeit zugestellt werden. Diese unterschiedlichen Vorschubgeschwindigkeiten im Arbeitsgang und Eilgang sind an sich bekannt. Die Auslösung des Umschaltens kann wegabhängig erfolgen, aber auch kraftabhängig, so daß das Berühren direkt zur Auslösung der Umschaltung führt.

Die Erfindung schlägt in Weiterbildung vor, daß das Werkzeug in dem zweiten Arbeitsvorschub mit einer anderen Geschwindigkeit zugestellt werden kann als während des ersten Arbeitsvorschubes. Insbesondere ist es aufgrund der Maßnahme nach der Erfindung möglich, während des zweiten Arbeitsvorschubes schneller zuzustellen, was durch die verbesserte Spannleistung möglich wird. Auf diese Weise wird neben der verbesserten

Genauigkeit auch ein Zeitvorteil erreicht, der die kurzzeitige Arbeitsunterbrechung während des Zurückstellens ausgleicht.

In Weiterbildung kann vorgesehen sein, daß die Positionen, in denen eine Änderung der Zustellgeschwindigkeit und/oder die Umkehr der Zustellung erfolgt, durch Messen der Bewegung des Werkzeugs ermittelt werden. Insbesondere kann dies so geschehen, daß die Positionen durch Zählen der einem Schrittmotor zugeleiteten Impulse ermittelt werden. Bei einer Zustellung mit Hilfe anderer Einrichtungen kann das Ermitteln der Positionen auch mit Hilfe eines Weggebers ermittelt werden.

Um eine nochmalige Verbesserung im Hinblick auf ein schnelleres Arbeitsergebnis zu erreichen, schlägt die Erfindung in Weiterbildung vor, daß die Ausgangsposition in Abhängigkeit von der Abnutzung des Werkzeugs geändert werden kann. Die Abnutzung des Werkzeugs kann beispielsweise mit Hilfe einer Meßstation oder einer Nachmeßstation ermittelt und das Ergebnis der Vorrichtung rückgekoppelt werden.

Erfindungsgemäß kann das Zurückstellen in einem Eilgang mit erhöhter Geschwindigkeit erfolgen, sowohl beim endgültigen Zurückstellen nach Erreichen des Soll-Maßes als auch in dem kurzen Zurückstellschritt zwischen den beiden Arbeitsvorschüben.

In Weiterbildung der Erfindung kann vorgesehen sein, daß bei Erreichen des Soll-Maßes die Zustellung des Werkzeugs unterbrochen und das Werkzeug während einer Ausfeuerphase auf konstantem Durchmesser gehalten wird.

Die von der Erfindung vorgeschlagene Vorrichtung enthält eine Steuerung, die in der Lage ist, die Zustellung des Werkzeugs zu unterbrechen und umzukehren. Insbesondere kann die Steuerung derart ausgebildet sein, daß sie die Zustellung in mindestens zwei unterschiedlichen Geschwindigkeiten bewirken kann.

Wenn die Zustelleinrichtung einen Schrittmotor aufweist, so kann die Zustellung in unterschiedlichen Geschwindigkeiten, beispielsweise auch in drei unterschiedlichen Geschwindigkeiten, durch Erzeugung von Ansteuerimpulsen unterschiedlicher Frequenz erfolgen.

Erfindungsgemäß kann vorgesehen sein, daß die Steuerung einen Zähler zur Ermittlung der Position des Honwerkzeugs aufweist. Dieser Zähler kann beispielsweise die dem Schrittmotor zugesandten Impulse zählen. Es ist jedoch ebenfalls möglich, daß die Zustelleinrichtung einen Weggeber aufweist, der für den Zähler eigens Impulse erzeugt.

Erfindungsgemäß kann in Weiterbildung vorgesehen sein, daß die Steuerung eine Kompensationseinrichtung aufweist, die den der Ausgangsposition entsprechenden Zählerwert ändert. Diese Kompensation ist in der Lage, den Abrieb bzw. die Abnutzung des Werkzeugs zu berücksichtigen. Insbesondere günstig ist es, wenn die unterschiedlichen Positionen relativ gegenüber der Ausgangsposition bestimmt werden, so daß eine Kompensation der Ausgangsposition immer auch zu einer Kompensation der übrigen Umkehrpositionen führt.

Die Erfindung schlägt vor, daß die Steuerung eine Eingabeeinrichtung zum Eingeben der Positionen aufweist, an denen eine Änderung der Zustellgeschwindigkeit oder der Zustellrichtung erfolgt.

Weitere Merkmale, Einzelheiten und Vorzüge der Erfindung ergeben sich der folgenden Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sowie anhand der Zeichnung. Hierbei zeigen:

Fig. 1 stark vereinfacht eine Honvorrichtung mit ei-

ner Zustelleinrichtung;

Fig. 2 ein Weg-Zeitdiagramm eines Verfahrens nach der Erfindung.

Fig. 1 zeigt stark vereinfacht eine Honvorrichtung 1, die zum Honen der Bohrungen 2 von Werkstücken 3 bestimmt ist. In der Honvorrichtung ist eine Honspindel 4 gelagert, die von einem einen Elektromotor 5 aufweisenden Antrieb 6 angetrieben wird. Die Honspindel 4 wird sowohl drehend als auch auf- und abgehend angetrieben, was durch die beiden Pfeile in der Figur angedeutet ist. Mit der Honspindel 4 ist über eine Verbindungsstange 7 das Honwerkzeug 8 verbunden. Es enthält mehrere Honleisten 9, die über die Oberfläche des Werkzeugs 8 vorspringen und die eigentliche Bearbeitung durchführen. Die Honleisten 9 können mit Hilfe eines im Inneren des Werkzeugs 8 angeordneten Mechanismus radial nach außen verschoben werden. Zur Betätigung dieses Mechanismus dient eine Zustelleinrichtung 10. Die Zustelleinrichtung ist über eine Druckstange 11 mit einem im Innern des Honwerkzeugs 8 angeordneten Keilelement verbunden. Ein Verschieben der Druckstange 11, die sich durch die gesamte Honspindel 4 erstreckt, führt zu einer Aufweitung der Außenseite der Honleisten 9, der sog. Zustellung. Die Zurückstellung, also die Verschiebung der Honleisten 9 radial nach innen, wird im Normalfall durch Federn vorgenommen, die die Honleisten 9 radial nach innen beaufschlagen und diese nach innen bewegen, sobald ein Zurückziehen der Druckstange 11 dies möglich macht. Die Druckstange 11 wird von einem Schrittmotor 12 über ein Getriebe 13 drehangetrieben. Sie weist ein Außengewinde auf, das in ein entsprechendes Innengewinde eingreift, so daß eine Verdrehung der Druckstange 11 gleichzeitig zu ihrer Axialverschiebung führt.

Der Schrittmotor 12 wird von einer Steuereinrichtung 14 angesteuert, die Impulszüge einer bestimmten Frequenz an den Schrittmotor 12 liefert. Je höher die Frequenz, desto schneller dreht sich der Schrittmotor 12 und desto schneller ist die Vorschubgeschwindigkeit der Druckstange 11 und damit die Zustellgeschwindigkeit der Honleisten 9.

Mit der Steuereinrichtung 14 verbunden ist eine außerhalb der Vorrichtung angeordnete Eingabeeinrichtung 15, in der eine Aufsichtsperson Betriebsdaten eingeben kann.

Die Steuereinrichtung 14 dient dazu, das Honwerkzeug 8 in einer bestimmten Weise zuzustellen, wie dies im folgenden unter Bezugnahme auf Fig. 2 beschrieben wird.

Fig. 2 zeigt ein Weg-Zeit-Diagramm einer möglichen Zustellbewegung. Die Abszisse stellt die Zeit dar, während die Ordinate den Abstand beispielsweise der Oberflächen der Honleisten 9 von einer bestimmten Bezugsgröße darstellt. Der in Fig. 2 dargestellte Kurvenzug zeigt nun, wie erfindungsgemäß das Honwerkzeug zugestellt wird. Das Honwerkzeug 8 wird mit einem bestimmten Außendurchmesser  $d_0$ , also der Ausgangsstellung des Honwerkzeugs, in die Bohrung 2 des Werkstücks 3 eingefahren. Um nun die Bearbeitung zu beginnen, wird zum Zeitpunkt  $t_0$  das Werkzeug durch Betrieb des Schrittmotors 12 zugestellt, und zwar mit relativ hoher Geschwindigkeit in einem Eilgang, der durch den Kurvenzug 16 dargestellt ist. Aus der großen Steigung ist die große Geschwindigkeit zu entnehmen. Bei Erreichen einer bestimmten Position  $d_1$  des Werkzeugs, also einer bestimmten Aufweitstellung, schaltet die Steuerung 14 den Zustellmechanismus auf einen Arbeitsvorschub mit niedrigerer Geschwindigkeit um, der in dem

Diagramm der Fig. 2 durch den Kurvenzug 17 dargestellt ist. Der Punkt  $d_1$ , an dem das Umschalten erfolgt, kann beispielsweise durch Messen des Abstandes von der Ausgangsposition  $d_0$  ermittelt werden. Es ist ebenfalls möglich, daß der Punkt  $d_1$  dadurch ermittelt wird, daß die Vorrichtung auf irgendeine Weise feststellt, daß eine Berührung zwischen dem Werkzeug und dem Werkstück stattgefunden hat. Dies kann beispielsweise aufgrund einer Erhöhung des Stromverbrauchs des Elektromotors 5 erfolgen. Erfolgt das Umschalten unabhängig, so wird bei Einrichten der Vorrichtung dafür gesorgt, daß der Punkt  $d_1$  etwa in dem Bereich ist, in dem das Werkzeug das Werkstück berührt. Während des Arbeitsvorschubes 17 erfolgt also ein Anpressen des Werkzeugs an das Werkstück und dementsprechend die eigentliche Honbearbeitung. Mit konstanter, durch den Zustellmechanismus vorgegebener Zustellgeschwindigkeit wird jetzt das Werkzeug zugestellt, bis der Punkt  $d_2$  erreicht ist. Dieser Punkt kann ebenfalls durch Bestimmen des Abstandes dieser Position von der Ausgangsposition  $d_0$  bestimmt werden. Er wird bei Einrichten der Vorrichtung so festgelegt, daß er kurz vor dem Soll-Maß der Bohrung 2 liegt. An diesem Punkt schaltet nun die Steuereinrichtung 14 den Schrittmotor 12 ab, so daß während einer kurzen Zeit kein Vorschub mehr erfolgt. Anschließend wird der Schrittmotor 12 in umgekehrter Drehrichtung betrieben, so daß das Honwerkzeug zurückgestellt wird, bis es vollständig außer Eingriff mit dem Werkstück gelangt. Dieser Rückkehrpunkt  $d_3$  ist ebenfalls vorher festgelegt worden. An diesem Punkt ist nun der gesamte Antriebsstrang der Zustelleinrichtung 10 bis hin zum Werkzeug spannungsfrei, so daß die während des Arbeitsvorschubes 17 aufgetretenen Spannungen sich alle lösen können. Gleichzeitig gerät die Außenfläche der Honleisten außer Eingriff mit dem Werkstück, so daß sich die Schneidkörner ebenfalls entspannen oder neu orientieren können. Sobald der Punkt  $d_3$  erreicht ist, schaltet die Steuerung 14 wieder um und stellt nun das Werkzeug in einem zweiten Arbeitsvorschub zu, der in dem Diagramm durch den Kurvenzug 18 dargestellt ist. Diese Zustellung wird mit konstanter Geschwindigkeit durchgeführt, bis das Werkzeug die dem Soll-Maß des zu bearbeitenden Werkstücks entsprechende Soll-Position  $d_4$  erreicht hat. Wie der Fig. 2 zu entnehmen ist, ist die Vorschubgeschwindigkeit während des zweiten Arbeitsvorschubes 18 größer als während des ersten Arbeitsvorschubes 17. Bei Erreichen des Soll-Maßes wird der Vorschub angehalten und das Werkzeug bei zunächst unveränderter Position weiter betrieben. Dies bildet die sog. Ausfeuerphase 19. Anschließend erfolgt eine Zurückstellung des Werkzeugs längs des Kurvenzuges 20 bis zur Ausgangsposition  $d_0$ .

Es ist ebenfalls möglich, und wird von der Erfindung vorgeschlagen, daß die Zurückstellung längs des Kurvenzuges 20 nicht bis ganz zum Ausgangspunkt  $d_0$  erfolgt, sondern zu einem Punkt, der die Abnutzung des Werkzeugs während der Bearbeitung berücksichtigt. Eine derartige Kompensation kann auch in bestimmten Abständen, also beispielsweise nach der Bearbeitung von insgesamt zehn Werkstücken, erfolgen.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Honen von Werkstücken (3) mit Hilfe eines zustellbaren Werkzeugs (8), das aus einer Ausgangsposition ( $d_0$ ) in einem Arbeitsvorschub (17) bis zum Erreichen des Soll-Maßes ( $d_4$ ) des Werkstücks (3) zugestellt, bei Erreichen des

Soll-Maßes ( $d_4$ ) angehalten und anschließend zurückgestellt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß vor Erreichen des Soll-Maßes ( $d_4$ ) der Arbeitsvorschub (17) unterbrochen und das Werkzeug um einen Betrag ( $d_2$  minus  $d_3$ ) zurückgestellt wird, der ausreicht, das Werkzeug (8) außer Eingriff mit dem Werkstück (3) zu bringen, und daß das Werkzeug (8) anschließend in einem zweiten Arbeitsvorschub (18) zugestellt wird, bis das Soll-Maß ( $d_4$ ) erreicht wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Werkzeug (8) aus der Ausgangsposition ( $d_0$ ) zunächst in einem Eilgang (16) bis in den Berührungsbereich mit dem Werkstück (3) zugestellt und während des Arbeitsvorschubs (17, 18) mit verringerter Geschwindigkeit zugestellt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Werkzeug (8) in dem zweiten Arbeitsvorschub (18) mit einer anderen Geschwindigkeit zugestellt wird als während des ersten Arbeitsvorschubes (17).

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Werkzeug (8) in dem zweiten Arbeitsvorschub (18) mit größerer Geschwindigkeit zugestellt wird als während des ersten Arbeitsvorschubes (17).

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Positionen ( $d_1$ ,  $d_2$ ,  $d_3$ ,  $d_4$ ), in denen eine Änderung der Zustellgeschwindigkeit und/oder eine Umkehr der Zustellung erfolgt, durch Messen der Bewegung des Werkzeugs (8) ermittelt werden.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Positionen durch Zählen der einem Schrittmotor (12) zugeführten Impulse ermittelt werden.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausgangsposition ( $d_0$ ) in Abhängigkeit von der Abnutzung des Werkzeugs (8) geändert wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Zurückstellen (20) in einem Eilgang mit erhöhter Geschwindigkeit erfolgt.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem bei Erreichen des Soll-Maßes ( $d_4$ ) bei nicht weiterem Zustellen des Werkzeugs ein Ausfeuern erfolgt.

10. Vorrichtung zum Honen von Werkstücken (3), mit einer ein Honwerkzeug (8) aufweisenden Honspindel (4), einer Zustelleinrichtung (10) für das Honwerkzeug (8) und einer Steuerung (14) für die Zustelleinrichtung (10), dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerung (14) eine Einrichtung zur Unterbrechung und Umkehr der Zustellung des Werkzeugs (8) aufweist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerung (14) derart ausgebildet ist, daß sie die Zustellung in mindestens zwei, vorzugsweise drei unterschiedlichen Geschwindigkeiten bewirken kann.

12. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Zustelleinrichtung (10) einen Schrittmotor (12) aufweist.

13. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerung (14) eine Einrichtung zur Ermittlung der Position des Honwerkzeugs (8) aufweist.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung zur Ermittlung der Position des Honwerkzeugs (8) einen Zähler enthält.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerung (14) eine Kompensationseinrichtung aufweist, die den der Ausgangsposition ( $d_0$ ) entsprechenden Zählerwert ändert.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerung (14) eine Eingabeeinrichtung (15) zur Eingabe der Positionen ( $d_0$ ,  $d_1$ ,  $d_2$ ,  $d_3$ ,  $d_4$ ) aufweist, an denen eine Änderung der Zustellgeschwindigkeit und/oder die Umkehr der Zustellung erfolgt.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

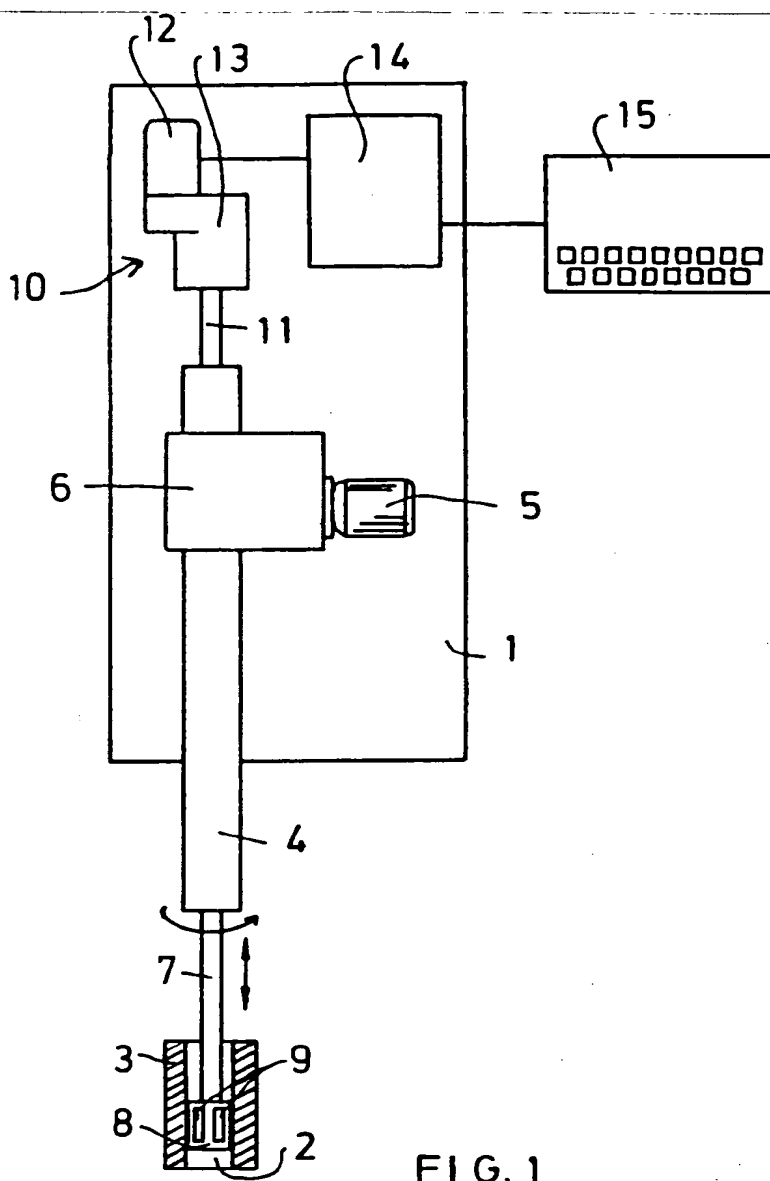


FIG. 1

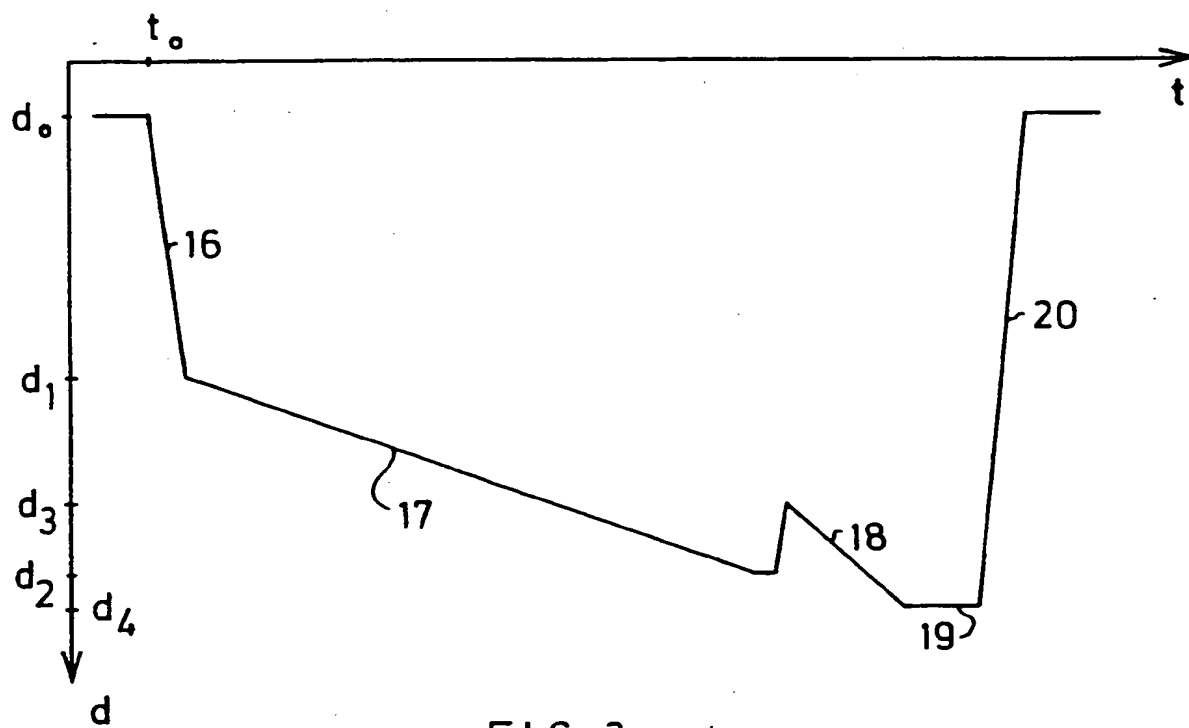


FIG. 2